

**VŠB – Technická univerzita Ostrava**

**Fakulta strojní**

**Katedra mechanické technologie**

**Volba vhodného navíjecího lana pomocí experimentálního  
testování**

**Experimental Testing and Selection of Winding Cord**

**Student:**

**Vedoucí bakalářské práce:**

**David Tomášek**

**prof. Ing. Jiří Hrubý CSc.**

**Ostrava 2017**

## Zadání bakalářské práce

Student: **David Tomášek**  
Studijní program: B2341 Strojírenství  
Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie  
Téma: **Volba vhodného navíjecího lana pomocí experimentálního testování**  
**Experimental Testing and Selection of Winding Cord**

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

- 1) Obecná charakteristika problematiky, základní pojmy, požadavky.
- 2) Přehled testovacích metod pro testování navíjecích lan.
- 3) Popis/návrh testovacího (experimentálního) zařízení, popis způsobu testování a kontroly.
- 4) Testování vzorků lan a vyhodnocení získaných dat.
- 5) Ekonomické srovnání vzorků s ohledem na odhadovanou použitelnost.

Seznam doporučené odborné literatury:


ČSN EN 12385-2+A1, *Ocelová drátěná lana - Bezpečnost – Část 2: Definice, označování a klasifikace*, Praha: Český normalizační institut, 2008. 52 s.  
ČSN EN 14492-1+A1, *Jeřáby - Vrátky, kladkostroje a zdvihové jednotky se strojním pohonem - Část 1: Vrátky se strojním pohonem*, Praha: Český normalizační institut, 2010. 72 s.  
GAJDUŠEK, J., ŠKOPÁN, M. *Teorie dopravních a manipulačních zařízení*, skriptu VUT Brno, 1988


Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **prof. Ing. Jiří Hrubý, CSc.**

Datum zadání: 09.12.2016

Datum odevzdání: 15.05.2017

  
Ing. Lucie Krejčí, Ph.D.  
vedoucí katedry

  
doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty



## Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě dne: 15. 5. 2017

Tomášek

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домі, же Выска́я школа́ ба́ньска́я – Техни́ческая универси́та Остра́ва (да́ле же́н „VŠB-TUO“) ма́ пра́во невы́де́лече́нне́ к své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- было́ сже́днано́, же́ с VŠB-TUO, в при́падѣ за́йма з její strany, uzav́ру лицен́ční сmlouvu s опра́внѣні́м užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- было́ сже́днано́, же́ užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je опра́внѣна в takovém при́падѣ ode mne požadovat přі́měřený přі́spěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі, же́ оdevzdání́м své práce souhlasím se zveřejnění́м své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., о vysokých školách a о změně́ a doplnění́ dalších zákonů́ (zákon о vysokých školách), ve znění́ pozdějších předpisů́, bez ohledu na výsledek její обhа́joby.

V Ostravě : 15.5.2017

Tomášek

podpis

Jméno a příjmení autora práce: David Tomášek

Adresa trvalého pobytu autora práce: Čistá 363, 56956

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce prof. Ing. Jiřímu Hrubému CSc. za odborné vedení. Poděkování také patří mé rodině a zaměstnavateli, který mi umožnil pracovat na tomto projektu.

## **Abstrakt**

Tato bakalářská práce je zaměřena na výběr vhodného navíjecího lana za pomoci experimentálního testování. V rámci vývoje nového produktu je nutné získat informace o životnosti různých typů navíjecích lan. Zkouška každého typu lana je prováděna destruktivní metodou, při které je břemeno zavěšeno na lanech, které se v pravidelném intervalu navíjí a odvíjí. Práce obsahuje ekonomické zhodnocení testovaných vzorků v souvislosti s jejich životností.

## **Klíčová slova**

navíjecí lano, destruktivní metoda, životnost, ocelové lano, navíjecí zařízení

## **Abstract**

This bachelor thesis is focused on choosing the correct winding rope with the help of experimental testing. As part of a development of a new product it is necessary to receive information about the material lifetime of different types of winding ropes. Testing of each type of rope is made by a destructive method during which a testing item is hanged on ropes and in intervals it is winding and unwinding. The thesis consists an economic analyze of tested items related to their material lifetime.

## **Key words**

winding rope, destructive method, steel rope, winding device

# Obsah

Seznam použitých symbolů .....	- 10 -
Seznam ilustrací a seznam tabulek .....	- 11 -
Úvod .....	- 13 -
1 Obecná charakteristika problematiky, základní pojmy, požadavky.....	- 14 -
1.1 Typy ocelových lan .....	- 14 -
1.1.1 Rozdělení lan podle využití .....	- 14 -
1.1.2 Podle konání práce .....	- 14 -
1.2 Značení ocelových lan.....	- 15 -
1.3 Konstrukce ocelových lan .....	- 17 -
1.3.1 Pramen.....	- 18 -
1.3.2 Podle způsobu vinutí .....	- 20 -
1.3.3 Typy konstrukcí ocelových lan .....	- 21 -
1.4 Základní materiál na výrobu ocelových lan .....	- 23 -
1.4.1 Dráty .....	- 23 -
1.4.2 Duše (vložka) lana.....	- 24 -
1.4.3 Mazivo.....	- 25 -
1.5 Požadavky pro výběr ocelových lan.....	- 25 -
1.6 Ochrana proti korozi.....	- 26 -

2	Přehled testovacích metod pro testování navíjecích lan.....	- 28 -
2.1	Destruktivní metody .....	- 28 -
2.1.1	Zkouška pevnosti v tahu.....	- 28 -
2.1.2	Únavová zkouška .....	- 29 -
2.1.3	Odolnost drátu proti střídavému ohybu.....	- 30 -
2.1.4	Zkouška drátu na krut.....	- 30 -
2.1.5	Zkouška jakosti pozinkování.....	- 30 -
2.2	Nedestruktivní zkoušky lan .....	- 30 -
2.2.1	Vizuální kontrola lan .....	- 31 -
2.2.2	Kontrola založená na elektromagnetické defektoskopické zkoušce.....	- 32 -
3	Popis/návrh testovacího (experimentálního)zařízení, popis způsobu testování a kontroly. - 34 -	
3.1	Popis testovacího zařízení .....	- 34 -
3.1.1	Konstrukce testovacího zařízení.....	- 34 -
3.1.2	Popis montáže a demontáže testovacích lan.....	- 38 -
3.1.3	Bezpečnostní prvky pro testování .....	- 41 -
3.2	Způsob testování .....	- 43 -
3.2.1	Režim testování .....	- 43 -
3.3	Kontrola lana .....	- 44 -
3.3.1	Kontrola průměru lana.....	- 44 -
3.3.2	Vizuální kontrola.....	- 44 -



4	Testování vzorků lan a vyhodnocení získaných dat.....	- 47 -
4.1	Vzorky pro testování .....	- 47 -
4.2	Testovací fáze.....	- 48 -
4.3	Vyhodnocení získaných dat .....	- 49 -
4.3.1	První fáze – testovací vzorek A.....	- 49 -
4.3.2	Druhá fáze– testovací vzorek A .....	- 50 -
4.3.3	První fáze – testovací vzorek B .....	- 51 -
4.3.4	Druhá fáze – testovací vzorek B.....	- 53 -
5	Ekonomické srovnání vzorků s ohledem na odhadovanou použitelnost.....	- 55 -
5.1	Testovací vzorky .....	- 55 -
5.2	Vyhodnocení testování .....	- 55 -
	Závěr.....	- 56 -
	Použitá literatura.....	57

## Seznam použitých symbolů

Symbol	Jednotky	Význam symbolu
U	V	Napětí
I	A	Proud

## Seznam použitých zkratek

Zkratka	Význam
PLC	Programovatelný logický automat – slouží k naprogramování veškerých operací daného stroje.
WNG	Wire not gearside – Lano na protější straně od převodovky
CW	Center wire – Středové lano
WG	Wire gearside – Lano na straně převodovky

## Seznam ilustrací a seznam tabulek

Číslo ilustrace	Název ilustrace	Číslo stránky
<b>Obrázek 1.</b>	Směr vinutí pramenů v laně	17
<b>Obrázek 2.</b>	Řez ocelového lana	18
<b>Obrázek 3.</b>	Typy pramenů	18
<b>Obrázek 4.</b>	Pramen s jádrovým drátem	19
<b>Obrázek 5.</b>	Pramen s nosným jádrovým drátem	19
<b>Obrázek 6.</b>	Vinuté klasickým způsobem	20
<b>Obrázek 7.</b>	Vinuté souběžným způsobem	21
<b>Obrázek 8.</b>	Jednoprarmenná ocelová lana	21
<b>Obrázek 9.</b>	Standardní- šestipramenná ocelová lana	24
<b>Obrázek 10.</b>	Seal- šestipramenná ocelová lana	24
<b>Obrázek 11.</b>	Herkules - víceprarmenná ocelová lana	25
<b>Obrázek 12.</b>	Druhy tvarových drátů	25
<b>Obrázek 13.</b>	Půdorysné schéma zkoušky lana tahem	29
<b>Obrázek 14.</b>	Měření lana	31
<b>Obrázek 15.</b>	Schéma defektoskopického přístroje	32
<b>Obrázek 16.</b>	Maximální roztažení	35
<b>Obrázek 17.</b>	Maximální stažení	35
<b>Obrázek 18.</b>	Vrchní dílec	36
<b>Obrázek 19.</b>	Navíjecí zařízení	37
<b>Obrázek 20.</b>	Správné navinutí	37
<b>Obrázek 21.</b>	Špatné navinutí	37
<b>Obrázek 22.</b>	Zámek pro lano	39
<b>Obrázek 23.</b>	Napínací blok	40
<b>Obrázek 24.</b>	Pozice pro napínací blok	40

<b>Obrázek 25.</b>	Sestava uchycení lana	41
<b>Obrázek 26.</b>	Koncový spínač	42
<b>Obrázek 27.</b>	Uložení tensometru	43
<b>Obrázek 28.</b>	Ukázka měření průměru lana	44
<b>Obrázek 29.</b>	Poškozené lano vlivem opotřebení	45
<b>Obrázek 30.</b>	Na laně se vytvořilo „hnízdo“	45
<b>Obrázek 31.</b>	Povolené a napnuté vinutí lana	46
<b>Obrázek 32.</b>	Warrington Seale	47
<b>Obrázek 33.</b>	Verostar 8	48

<b>Číslo tabulky</b>	<b>Název tabulky</b>	<b>Číslo stránky</b>
<b>Tabulka 1.</b>	Fáze I, vzorek A – Tabulka poškození lana	49
<b>Tabulka 2.</b>	Fáze I, vzorek A – Tabulka funkčnosti dílů	49
<b>Tabulka 3.</b>	Fáze I, vzorek A – Tabulka hodnot z PLC	50
<b>Tabulka 4.</b>	Fáze II, vzorek A – Tabulka poškození lana	50
<b>Tabulka 5.</b>	Fáze II, vzorek A – Tabulka funkčnosti dílů	50
<b>Tabulka 6.</b>	Fáze II, vzorek A – Tabulka hodnot z PLC	51
<b>Tabulka 7.</b>	Fáze I, vzorek B – Tabulka poškození lana	51
<b>Tabulka 8.</b>	Fáze I, vzorek B – Tabulka funkčnosti dílů	52
<b>Tabulka 9.</b>	Fáze I, vzorek B – Tabulka hodnot z PLC	52
<b>Tabulka 10.</b>	Fáze II, vzorek B – Tabulka poškození lana	53
<b>Tabulka 11.</b>	Fáze II, vzorek B – Tabulka funkčnosti dílů	54
<b>Tabulka 12.</b>	Fáze II, vzorek B – Tabulka hodnot z PLC	54
<b>Tabulka 13.</b>	Cenový přehled vzorek A	55
<b>Tabulka 14.</b>	Cenový přehled vzorek A	55
<b>Tabulka 15.</b>	Náklady na výměnu lana	55

## Úvod

V této bakalářské práci se zabývám testováním navíjecích lan na speciální stoličce, která odpovídá navíjecímu zařízení u nového produktu naší firmy. Při prodeji dopravního zařízení patří mezi důležité informace minimální životnost lana a náklady spojené s jeho výměnou.

Ocelová lana dnes zasahují prakticky do všech technických odvětví. Můžeme je dělit podle způsobu konání práce nebo podle jejich využití. Existuje mnoho typů konstrukcí lan, které mají odlišné vlastnosti a meze pevnosti. Mezi tyto vlastnosti patří počet drátů v prameni, počet pramenů, typ vinutí drátů v prameni lana, duše lana a použití maziva. Životnost lana zásadně ovlivňuje konstrukce navíjecího zařízení. Navíjecí lana prochází přes kladky a navíjí se na třibubnový navíjecí systém. Závaží o hmotnosti 6000 kg je zavěšeno na třech lanech, která jsou rovnoměrně zatížena. Lana jsou navíjena v pravidelných cyklech a automaticky se kontroluje spodní a horní poloha navinutí.

Výsledkem testování bude ekonomické vyhodnocení dvou druhů lan (A, B) z pohledu životnosti v poměru k ceně. Získané údaje budou rozhodující pro doporučení vhodného druhu lana našim odběratelům. Předpokládám, že lano typu B předčí první druh lana díky jeho vhodným vlastnostem.

# **1 Obecná charakteristika problematiky, základní pojmy, požadavky.**

Až do poloviny 19. století se používala lana převážně z vláken rostlinného původu. Praktické využití ocelových lan se váže k roku 1834. Hlavní rada Wilhelm Albert nechal vyrobit ocelové lano pro důl Carolina. Bylo vyrobeno ručně podle zásady výroby textilních lan. Ocelové lano zasahuje dnes prakticky do všech technických odvětví. Výhodné vlastnosti ocelových patentovaných drátů, zejména jejich vysoká pevnost, umožňují široké spektrum využití. [1]

Můžeme ho definovat jako prvek stroje, který je namáhán na ohyb a tah. Existuje mnoho typů konstrukcí lan, které mají odlišné vlastnosti a meze pevnosti. Konstrukce musí odpovídat požadavkům pro použití ocelových lan v konkrétním průmyslovém odvětví. [2]

## **1.1 Typy ocelových lan**

Při vysoce jakostní výrobě drátů mohou tedy lana mít určité významné vlastnosti pro použití v odlišných průmyslových odvětvích za předem stanovených podmínek.

### **1.1.1 Rozdělení lan podle využití**

- Kotvící
- Lesní hospodářství
- Vleky a visuté lanovky
- Výtahy
- Jeřáby
- Vázací prostředky

### **1.1.2 Podle konání práce**

- Tažná
- Nosná
- Kotvící
- Vázací
- Zdvihačí

- Speciální
- Jiné

## 1.2 Značení ocelových lan

Značení ocelových lan odpovídá evropským normám ČSN EN 12385-2, ČSN EN 12385-1, ČSN EN 12385-5 a udává veškeré potřebné informace o laně.

Příklad: Lano  $\varnothing$  8 mm ČSN EN 12385-4 16x19M-IWRC 1770 B sS

Průměr lana	$\varnothing$ 8,0
Evropská norma	ČSN EN 12385 - 4
Konstrukce lan	6x19M
Konstrukce duše	IWRC
Pevnost drátu	1770
Povrch drátu	B
Typ směru vinutí	sS

Průměr lana:

- Jmenovitý průměr lana - průměr kružnice, která opisuje jeho obvod a udává se v milimetrech
- Skutečný průměr lana - největší rozměr lana, který se zjistí pomocí měření posuvným měřidlem v rovině kolmé na osu lana [2]

Evropské normy pro použití ocelových lan:

- ČSN EN 12385- 4 - Pramenná lana pro všeobecné zdvihací zařízení.
- ČSN EN 12385- 5 - Pramenná lana pro výtahy.

- ČSN EN 12385- 6 - Pramenná lana pro důlní šachty.
- ČSN EN 12385- 8 - Pramenná tažná a nosná lana pro instalaci lanovek navržených pro dopravu osob.

Konstrukce lan: viz kapitola 1.3.2

Konstrukce duše: viz kapitola 1.4.2

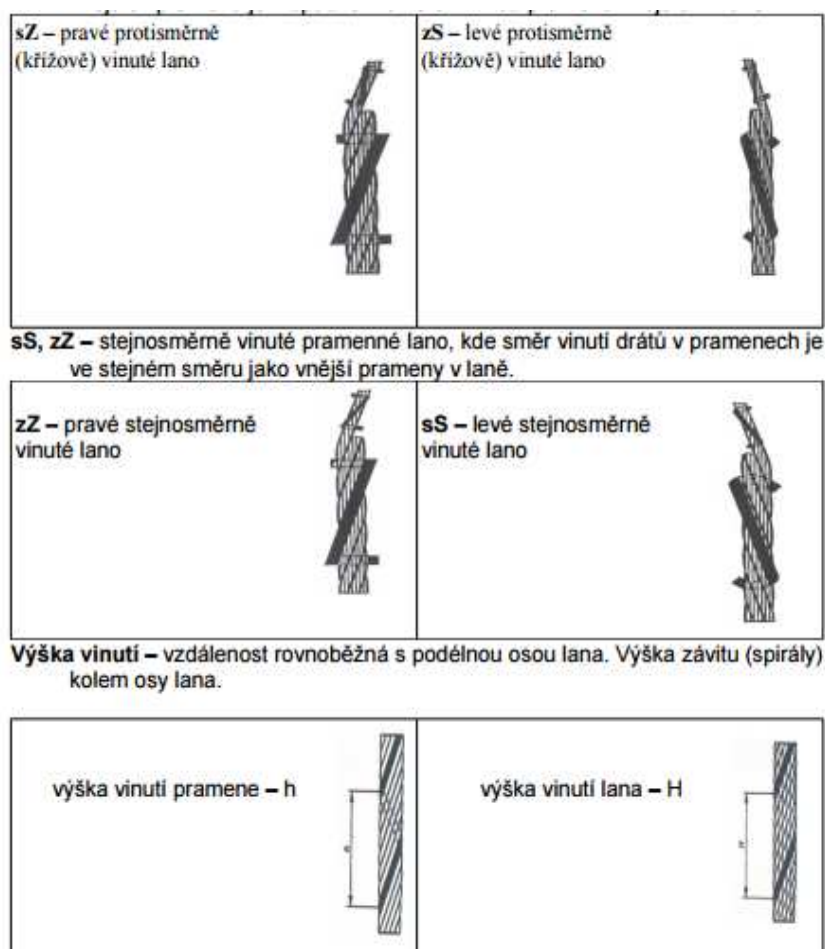
Pevnost drátu: jmenovitá pevnost drátu je nejmenší zaručená pevnost v tahu a je součástí označení lana. Pevnost lana se udává v Mpa. Pevnost drátu v tahu se vypočítá ze skutečné nosnosti a jmenovitého průřezu lana.

Povrch drátu: povrchovou úpravu vnějších drátů můžeme rozdělit do pěti skupin. Každá skupina je označena použitím následujících symbolů písmen.

- U..... bez povlaku nebo lesklé
- B..... zinkový povlak třídy B
- A..... zinkovaný povlak třídy A
- B (Zn/Al)..... povlak ze zinkových slitin třídy B
- A (Zn/Al)..... povlak ze zinkových slitin třídy A

Typ směru vinutí pramenů: vzhledem ke směru stoupání dělíme prameny lana na levé vinutí, které značí se písmenem S (stoupá zprava doleva), a pravé vinutí značí se písmenem Z (stoupá zleva doprava) [5]

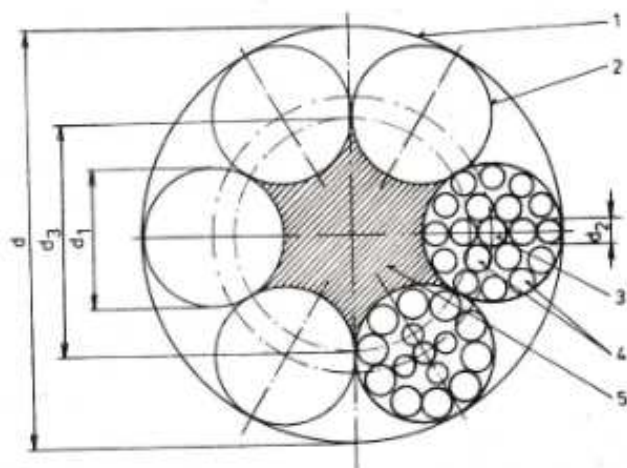




Obrázek 1. Směr vinutí pramenů v laně [5]

### 1.3 Konstrukce ocelových lan

Konstrukce musí odpovídat základním požadavkům, tedy dosáhnutí vysoké nosnosti s ohledem na malý průměr a malou hmotnost lana. Lano se může skládat z jednoho nebo více pramenů. Jednopramenná lana se používají například pro zavěšení mostu z důvodu lepšího přenesení zatížení jednotlivých drátů rovnoměrněji než při použití lan, které jsou vytvořeny z více pramenů. Vzhledem k zvýšení ohybnosti a dalších požadavků se nejčastěji používají lana vyrobená z více pramenů. [2]

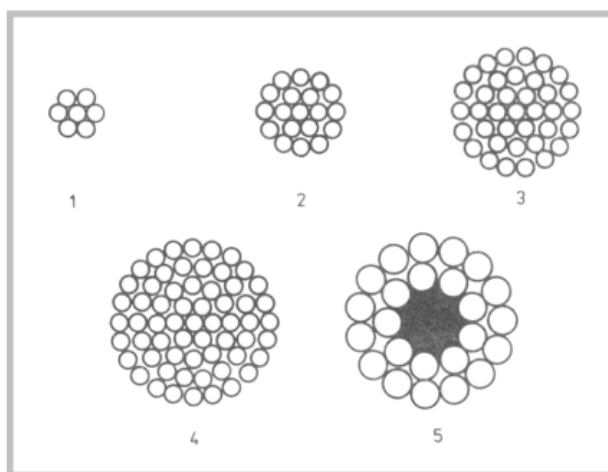


Obrázek 2. Řez ocelového lana [2]

1 - průměr  $d$  ocelového lana určuje kružnici opsanou okolo všech pramenů, 2 - průměr  $d_1$  určuje kružnice opsaná okolo pramenů lana, 3 - duše pramenu lana, 4 - dráty pramenu o průměru  $d_2$ , 5 - textilní vložka lana o průměru  $d_3$

### 1.3.1 Pramen

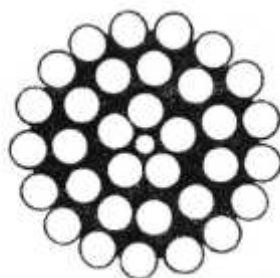
Pramen je tvořen několika holými nebo pozinkovanými dráty, které jsou vinuté do šroubovice. Dráty jsou vinuté do pramene okolo duše pramene v jedné nebo více vrstvách. Typy pramenů jsou na obrázku 3.



Obrázek 3. Typy pramenů [2]

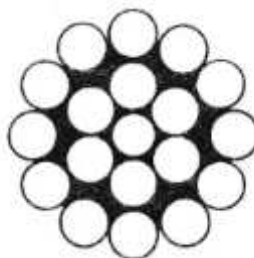
1 - jednovrstvý pramen, 2 - dvouvrstvý pramen, 3 - trojvrstvý pramen, 4 - čtyřvrstvý pramen, 5 - dvouvrstvý pramen s textilní vložkou.

Zpravidla bývá použit jako duše pramene ocelový drát, který je umístěn v jeho ose. Pokud středový drát tvořící duši má menší průměr oproti ostatním drátům, nazýváme ho jádrovým drátem a jeho nosnost se nezapočítává do nosnosti pramene drátu. Obrázek 4 nám vyobrazuje řez lana s jádrovým drátem, který není nosný.



Obrázek 4. Pramen s jádrovým drátem [2]

Pokud drát tvořící duši lana má větší nebo stejný průměr jako ostatní dráty a je vyhotoven z materiálu stejné pevnosti, jeho nosnost se započítává do celkové nosnosti pramenu lana. Na obrázku 5 je řez lana s nosným jádrovým drátem.

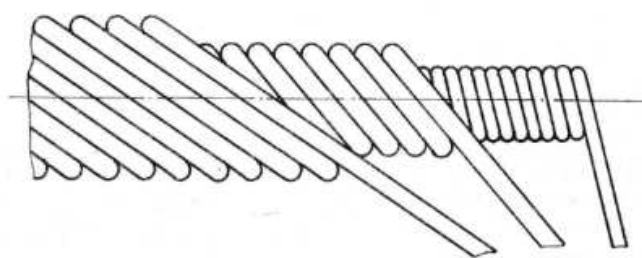


Obrázek 5. Pramen s nosným jádrovým drátem [2]

### 1.3.2 Podle způsobu vinutí

Způsob vinutí drátů v pramenech rozdělujeme na dvě základní metody: a) lana vinutá klasickým způsobem a za b) lana vinutá souběžným způsobem. Každý způsob vinutí má své specifické vlastnosti, výhody i nevýhody.[2]

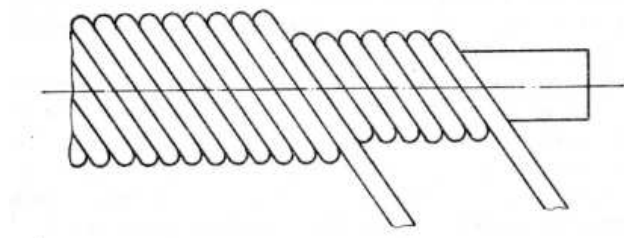
a) Lana vinutá klasickým způsobem – dráty jsou do průměru lana vinuty s rozdílnou výškou vinutí v jednotlivých vrstvách, přičemž v narovnaném stavu mají stejnou délku. Rozdílný sklon vinutí je zobrazen na obrázku číslo 6. Při klasickém způsobu vinutí se jednotlivé dráty v příslušné vrstvě kříží a dochází k dotyku drátu v několika bodech. V místech bodového styku drátů dochází při navíjení klasickým způsobem vinutých lan na bubny a při přechodu přes kladky k dodatečnému namáhání drátu na ohyb, právě v místě dotyku drátu. Tento druh namáhání je velice významný pro lana, která se pohybují v obou směrech. Má to za následek vznik vrubu a urychlí se jejich lámání. Klasickým způsobem bývají vinuta jednopramenná, šestipramenná lana s trojbokými prameny. Kovový průřez klasicky vinutého lana je menší než u lana vinutého souběžně. [2]



Obrázek 6. Vinutí klasickým způsobem.[2]

b) Lana vinutá souběžným způsobem - dráty v jednotlivých vrstvách vinuté do pramene s rovnou výškou vinutí, přičemž narovnané dráty mají odlišnou délku. Stejný sklon vinutí je zobrazen na obrázku číslo 7. V případě vinutí souběžným způsobem, dráty jsou vinuté tak, že výška vinutí jednotlivých vrstev drátů je stejná, ale dráty mají rozdílný průměr v každé vrstvě pramene lana. Jednotlivé dráty a vrstvy na sobě leží rovnoměrně, a tak se vzájemný tlak na sebe rovnoměrně přenáší na celou délku. Toto řešení odstraňuje dodatečné namáhání na ohyb a vylučuje se i příčina vrubu, tudíž se dráty nelámou. Při použití stejného drátu o jmenovité

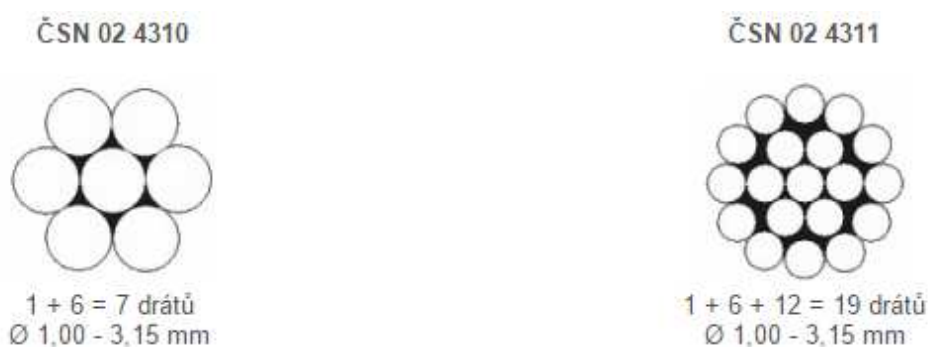
pevnosti má lano vinuté souběžným způsobem větší nosnost oproti lanu vinutému klasickým způsobem. [2]



Obrázek 7. Vinuté souběžným způsobem.[2]

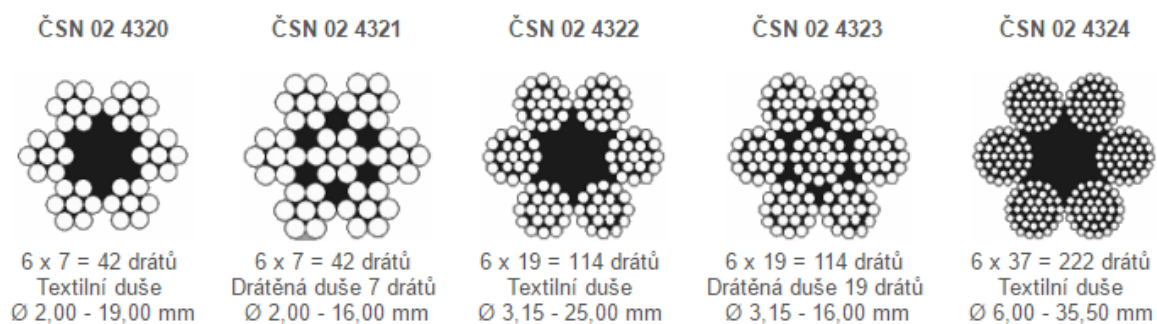
### 1.3.3 Typy konstrukcí ocelových lan

Jednopramenná ocelová lana - používají se jako nosné lano kabelů, bowdeny a pro jiné podobné účely. Lana se vyznačují větší ohebností, ale menší odolností vůči otěru. [6]



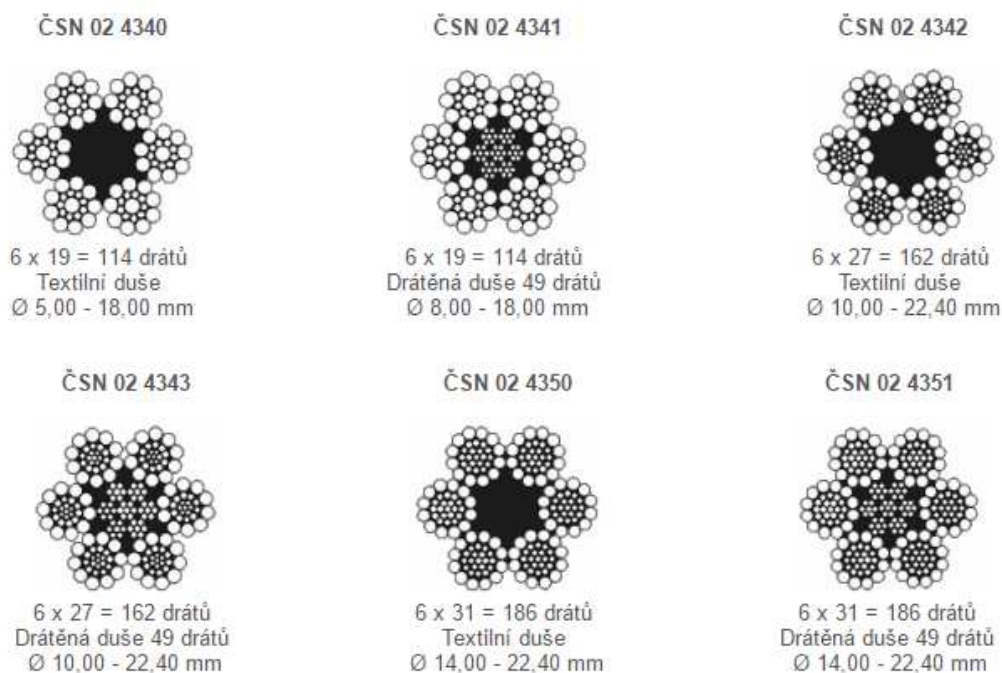
Obrázek 8. Jednopramenná ocelová lana. [4]

Standardní - šestipramenná ocelová lana - konstrukce 6x19 pro všeobecné použití v různých oblastech průmyslu, tedy všude tam, kde na lano nejsou kladeny požadavky na nepřiměřeně velký ohyb, a lano pracuje v běžné frekvenci. Použít ho lze u malých výtahů, zvedáků, v rybářském průmyslu, u kotevních lan a v dalších případech. Konstrukce 6x37M se užívá pro zařízení, kde jsou kladeny velké požadavky na ohyb a kde lano není vystavené velké zátěži. [6]



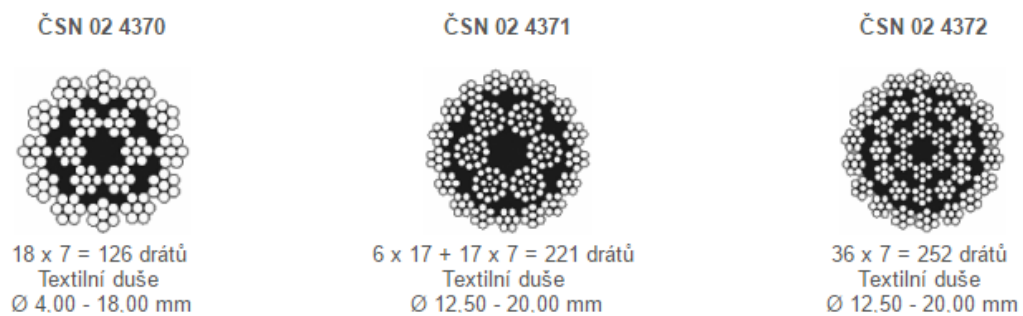
Obrázek 9. Standardní- šestipramenná ocelová lana. [4]

Seal - šestipramenná ocelová lana - konstrukce Seal je tvořena z drátu různých průměrů. Lana těchto konstrukcí mají vrchní vrstvu tvořenou dráty velkého průměru, čímž dosahují vysoké odolnosti vůči otěru a jsou dobře ohebná. [2]



Obrázek 10. Seal- šestipramenná ocelová lana. [4]

Herkules - vícepramenná ocelová lana - použití pro speciální jeřáby a všude tam, kde je břemeno zavěšeno na jednom průřezu lana a není vedeno.



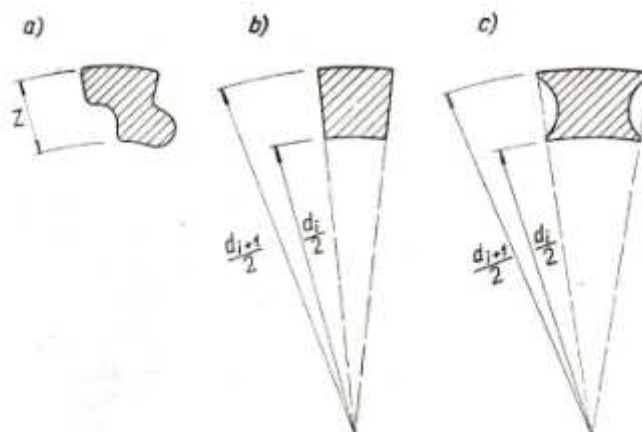
Obrázek 11. Herkules - vícepramenná ocelová lana. [4]

## 1.4 Základní materiál na výrobu ocelových lan

Mezi základní materiály na výrobu ocelových lan patří dráty, které se vyskytují v provedení holé nebo zinkované. Dráty specifických vlastností a tvarů zásadně ovlivňují celkové vlastnosti ocelových lan. Duše může být důležitou součástí lana, jak z ohledu zásobníku pro mazivo, tak i pro zlepšení pružnosti lana.

### 1.4.1 Dráty

Pro výrobu ocelových lan se téměř ve všech případech používá patentovaný taháný holý nebo pozinkovaný drát kruhového průřezu. Pro některé konstrukce lan se vyrábějí i dráty tvarové. Tři druhy tvarových drátů a) Z-drát, b) klínový drát, c) X-drát jsou zobrazeny na obrázku číslo 12.



Obrázek 12. Druhy tvarových drátů [1]

Jako základní materiál se používá válcovaný drát o průměru 5 až 12 mm vyrobený z uhlíkové, nelegované oceli, která je dodávaná do drátovny pro další zpracování. Na strojích nazývaných drátotahy je za snížení průměru a průřezové plochy vytahován výrobek nové kvality (tažený ocelový drát). Při tažení drátu za studena dochází k zpevnění drátu a drát je více náchylný na prasknutí, proto se používá patentování, což je zvláštní způsob izotermického kalení, při němž je důležité ohřátí válcovaného drátu na kalicí teplotu asi 920 °C a vložení do solné nebo olověné lázně na teplotu 500 °C. Díky postupu kalení dosáhneme velmi jemné perlitické struktury, která je velmi houževnatá. Drát lze po patentování i vícenásobně táhnout až do úbytku 40% původní průřezové plochy.

Mimo uhlíkové ocele se vyskytují i další materiály pro výrobu lan. Při požadavku na odolnost proti koroznímu opotřebení se vyrábí lana z nerezové oceli. Nevýhodou je menší odolnost proti abrazivnímu opotřebení, mají tedy až o 15% menší pevnost než kvalitnější lana z uhlíkové oceli. Téměř totožné vlastnosti má slitina mosaz/bronz/monel.

Jako jeden z nejnovějších materiálů na trhu se objevil kevlar (velmi odolné vlákno). Váže se k němu pevnost až 5x větší než u oceli při stejné hmotnosti, nevodivosti a korozní odolnosti. Kevlar je vyroben z para-aramidových vláken, která mají pozoruhodně vysoký modul pružnosti v tahu s vysokou teplotní stálostí od -46 °C do 160°C. Důležité použití pro kevlar můžeme najít i v automobilovém průmyslu ve spojkovém a brzdovém obložení jako náhradu azbestu. [1]

#### **1.4.2 Duše (vložka) lana**

Duše významně ovlivňuje celkové vlastnosti lana. Existují 4 základní druhy a to duše z drátů (IWRC), duše z drátěného pramene (WSC), duše z ocele (WC) a poslední typ je duše z vláken (FC). [7] Vložka lana je v podstatě textilní lano, které tvoří pružnou a pevnou podložku, kolem které se obepínají prameny lana. Materiál pro zpracování jeho vnitřní části musí splňovat základní zásady. Volbu příze běžně zanecháváme na výrobcí, ale například lana určená pro letectví jsou často z kordové příze. U lan malých průměrů <3,55 mm jsou tyto příze nevhodné, a proto se do takového typu lana používá bavlněná nebo kordová příze. Duše lana slouží jako zásobník maziva, který zabraňuje neviditelné vnitřní korozi drátu a také snižuje vnitřní tření lana. [2]



### 1.4.3 Mazivo

Celkový vliv prostředí, v kterém ocelové lano pracuje, se projevuje různým způsobem. Často dochází ke korozi jednotlivých drátů pramene lana. Pro zabránění nežádoucího vlivu prostředí (koroze) je zapotřebí, aby lana měla spolehlivou ochranu, kterou zajišťuje dobré mazání povrchu.

Ocelové lana mnohdy pracují ve specifickém prostředí a ve složitých navíjecích soustavách, kde prochází přes mnohočetnou soustavu kladek. V místě kontaktu lana a kladky dochází k ohybu a nastává posuv drátů pramenů mezi sebou. V místě vzájemného kontaktu vznikají poměrně vysoké tlaky, které ovlivňuje použití maziva. Při použití maziva se téměř vyloučí otěr jednotlivých drátů a v tomto případě není ani podstatné, zda dráty jsou holé nebo pozinkované.

Maziva, která jsou aplikována na vložku lana, by se měla shodovat s mazivem aplikovaným na povrchu. Přinejmenším musí mít stejné chemické složení, aby na sebe nepůsobily nepříznivě. Zvenčí se do vnitřní části lana prakticky již žádné mazivo nedostane, a proto vnitřní mazivo je po celou dobu užívání lana zajištěno mazivem, které je obsažené v textilní vložce. Při čištění lan je z tohoto důvodu velice důležité nepoužívat žádné odmašťovací prostředky, aby nedošlo k odmaštění jeho vnitřní části. Pro dosažení delší životnosti lana by mělo mazivo pokrývat jeho povrch souvislou nepřerušovanou vrstvou. Samotná vložka je impregnována Elasconem 20, který výrobce při teplotě 90 - 110°C rozpouští, aplikuje na duši a teprve po ztuhnutí se oplétá duše prameny. V případě, práce lana ve vlhkém a mokřím prostředí je zapotřebí použít vhodné mazadlo, například Elascon 30. [2] Elascon 30 prokazuje velice dobré penetrační schopnosti. Po namazání lana dochází během 2 až 8 hodin k odpaření ředidla a na povrchu zůstane pouze tvrdá mazací slupka. [8]

## 1.5 Požadavky pro výběr ocelových lan

- Podle konání práce - lana mají různé vlastnosti za určitých podmínek, a proto je zapotřebí mít přehled kde a jakým způsobem vykonávají práci. Pro nepohyblivá lana se zpravidla používají jednopramenná lana ze silných drátů a používají se především pro kotvení stožárů a jako nosná lana visutých mostů. V tomto případě není kladen požadavek na ohyb lana. Jako pohyblivá lana, kde je kladen požadavek na ohyb, se nejčastěji používají lana šestipramenná s vložkou, například konstrukce Seal.

- Povrch drátu - rozeznáváme lana z holých nebo pozinkovaných drátů.
- Způsob vinutí - máme dva způsoby vinutí. Každý způsob vinutí je specifikován určitými vlastnostmi. (Viz kapitola 1.3.2)
- Cena - existuje nespočetně druhů ocelových lan, která mají mnoho využití. Cena se samozřejmě odvíjí od průměru lana, typu konstrukce, povrchové úpravy drátů, způsobu výroby, atd. Standardní lana lze zakoupit již od 2 Kč/m. Pokud jde o speciální lana na objednávku, zákazník si může na ocelové lano počkat i několik měsíců a cena se pohybuje v řádu tisíců za 1 m.
- Životnost - nelze přesně určit životnost ocelového lana. Délka jeho použitelnosti je závislá na mnoha aspektech a proto ji nelze určit přesně. Mezi prvky, které ovlivňují životnost nepochybně, patří - konstrukce lana, konzervace, typy zatížení, prostředí, typ konání práce, povrchová úprava drátu apod.

## 1.6 Ochrana proti korozi

Ochranu proti korozi můžeme definovat jako zajištění dostatečné konzervace po celou dobu životnosti lana, aby nedošlo k jeho poškození korozí a následné snížení nosnosti. Lano lze chránit pomocí antikorozní ochrany drátu, nebo ochranou lana jako celku (uzavřené lano). Jedině uzavřené jednopramenné lano je, pokud jde o odolnost proti korozi, označováno za výhodnou konstrukci s ohledem na uzavření vnitřku lana kompaktní krycí vrstvou ze Z-drátu. Z hlediska koroze jsou všechna ostatní lana rovnocenná. Účinnost krycí vrstvy uzavřených lan jako antikorozního obalu pro jejich jádro nelze přeceňovat. Pokud krycí vrstva není úplně vodotěsná a zvláště vzduchotěsná a konzervace vnitřní části není dostatečná, může naopak krýt korozi, která vznikla uvnitř a stále pokračuje. Žádný typ konzervování nemůžeme počítat za úplný a žádný systém povrchové úpravy za zcela dokonalý, musíme tedy vzhledem k dané situaci věnovat speciální pozornost při návrhu antikorozní ochrany.

Lanové dráty - pokud je lano vystaveno vlivu povětrnosti, volíme vždy dráty s pozinkovaným povrchem. Špatné zkušenosti se projevily u stavby prvních mostů, kdy hlavní nosná lana byla zhotovena z holých drátů. Po několika letech provozu bylo prokázáno, že lana z pozinkovaných drátů mají lepší stav oproti holým drátům.

Antikorozní ochrana lana se skládá z konzervování vnitřku lana a z jeho povrchové úpravy. Téměř vždy se pro konzervování vnitřku lana používá zinchromátová nátěrová hmota.

Pro zachování pružnosti a soudružnosti lana je důležité zvolení správné konzistence nátěrové hmoty. Požadavky pro konzervaci jsou téměř stejné - odolnost vůči chladu a teplu, trvalá přirozená přilnavost, vysoká elasticita a odolnost proti agresivním vlivům prostředí. [1]

## **2 Přehled testovacích metod pro testování navíjecích lan.**

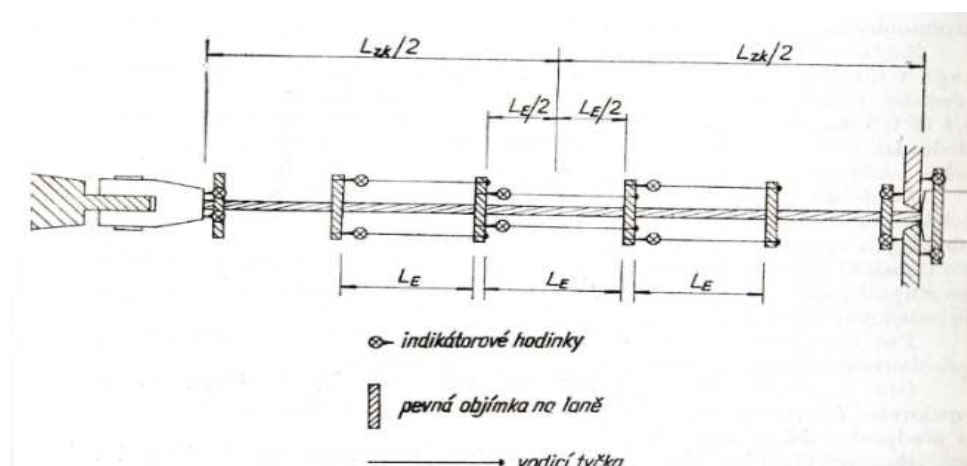
Lana jsou z hlediska bezpečnosti nejdůležitější částí lanových drah, jeřábů, výtahů a dalších mnoha odvětví. Kontrola lan se provádí proto, aby nedošlo k přetržení lana, které by tak mohlo způsobit velké škody. Veškeré testovací metody můžeme rozdělit do dvou základních typů pro testování. Mezi destruktivní metody patří zkouška pevnosti v tahu, únavová zkouška, odolnost drátu proti střídavému ohybu, zkouška drátu na krut a zkouška jakosti pozinkování. Nedestruktivní metody testování zahrnují vizuální kontrolu a kontrolu založenou na elektromagnetické defektoskopické zkoušce.

### **2.1 Destruktivní metody**

Destruktivní metody slouží především k určení vlastností lan, tedy například k určení maximálního zatížení lana či zjištění jeho životnosti. Po použití těchto metod dochází k trvalým deformacím lan, která nesmí být následně použita v provozu. Existuje více způsobů zjištění vlastností lan, přičemž každá metoda není vhodná pro všechny typy lan.

#### **2.1.1 Zkouška pevnosti v tahu**

Zkouškou lana tahem zjišťujeme jeho skutečnou nosnost a charakteristiky jeho deformačních vlastností. Tato zkouška se provádí na drátech všech průměrů. Na lano osazené do čelistí trhacího stroje a natažené základní silou podle průměru lana, zajišťující dostatečné napnutí lana pro osazení přístrojů, se připevní pevné objímky a vodící tyčky s indikátorovými hodinkami pro měření prodloužení s přesností čtení na 0,01 mm, s odhadem na 0,001 mm. Indikátorové hodinky jsou uspořádány v symetrických dvojicích ve vodorovné rovině procházející osou lana eliminaci případných nepřesností v osazení. Upevnění lana v čelistech stroje může být upevněno buď přes čep pomocí lanové koncovky vyobrazené na obrázku 13 vlevo, nebo opřením čela koncovky v čelisti stroje obrázek 13 vpravo.



Obrázek 13. Půdorysné schéma zkoušky lana tahem [1]

Zatěžování vzorku se provádí po určitých rovnoměrných stupních volených např. v hodnotách odpovídajících 5 - 10% jmenovité nosnosti lana. Po dosažení každého zatěžovacího stupně plynulým zvyšování napínací síly čekáme minimálně 2 minuty a potom čteme údaje indikátoru a zaznamenáváme je do záznamu s časem čtení. Po ukončení programu tahové zkoušky v navrženém postupu a rozsahu k získání charakteristik k prodlužování lana následuje po sejmutí přístrojů a provedení bezpečnostních opatření plynulé zatěžování lana až do přetržení. Po ukončení zkoušky destrukcí lana konstatujeme charakter jeho porušení a hodnotíme místa přetržení drátu. [1]

### 2.1.2 Únavová zkouška

Tato zkouška se řadí do skupiny zkoušek lan v celku, při nichž se snažíme co nejvěrněji napodobit zatížení lan a tím možná co nejpresněji zjistit životnost konkrétního lana. Ve velké většině se pro zkoušení využívají běžná lana. Při testu se lano ohýbá přes kladky, které mají ve velké většině stejně velký průměr a stejný poloměr drážky jako u kladek v provozu. Tímto způsobem se nasimuluje téměř totožný chod lana jako v běžném provozu a tím docílíme přesné hodnoty životnosti lana pro daný provoz.

V provozu je pracovní lano namáháno osovou silou (statickou nebo dynamickou) a ohybovým namáháním (ohyb přes kladky, navíjením na buben). Lana se zkouší za vzájemného pohybu lana a kladky. Aby při zkoušce byly rovnoměrně na ohyb namáhány

všechny dráty. Některá zkušební zařízení mají možnost otáčení lana, které se vždy během jednoho cyklu otočí o několik stupňů.

Pro vyhodnocení zkoušek panuje velká nejednotnost v systémech zkušebního zařízení pro testování ocelových lan v celku. Ještě větší nejednotnost je ve vyhodnocení těchto testů, jedno je však společné a to vyhodnocení na základě počtu cyklů. Z parametrů lana lze pak zkoumat vliv na životnost zejména těchto činitelů: konstrukce lana, pevnost drátů, povrch drátů (holý, pozinkovaný), vlastnosti materiálu drátů, způsob výroby drátů, mazání lana, vložka lana.

Jeden z prvních únavových strojů u nás byl VUS - 80 a v roce 1981 byl již v plném provozu. Tento stroj byl určen pro testy lan o průměru 25 - 80 mm. [3]

### **2.1.3 Odolnost drátu proti střídavému ohybu**

Testování se provádí podle normy ČSN 02 0422. Nejmenší počet ohybů, které musí drát vydržet, stanovuje norma ČSN 02 4301. Nosnost drátů, které vydrží menší počet ohybů než je předepsané, se musí od vypočítané nosnosti lana odečíst. [2]

### **2.1.4 Zkouška drátu na krut**

Tato zkouška se řídí dle normy ČSN 02 0421. Nejmenší počet krutů, které musí dráty vydržet, stanovuje norma ČSN 02 4301. Nosnost drátů, které vydrží menší počet krutů než je předepsané, se musí odečíst od vypočítané nosnosti lana. [2]

### **2.1.5 Zkouška jakosti pozinkování**

Postupujeme dle normy ČSN 02 0740 (vodíková zkouška) nebo dle normy ČSN 02 0741 (zkouška vážením). Hodnoty, které musí dráty při této zkoušce dosáhnout, udává norma ČSN 02 4301. Rovnoměrnost pozinkovaného povlaku drátu se zkouší podle normy ČSN 02 0742. Stejně jako ve výše zmíněných zkouškách jsou u drátů s nedostatečným pozinkováním opět odečítány naměřené hodnoty od vypočítané nosnosti lana. [2]

## **2.2 Nedestruktivní zkoušky lan**

Tyto typy testování se provádí pro zjištění opotřebení a životnosti lana. Při nedestruktivních zkouškách lan nedochází k jejich trvalému poškození. Donedávna se lana kontrolovala pouze vizuálně, zjišťovali se pouze povrchové vady lana, mezi které patří viditelné lomy drátu, koroze, deformace, opotřebení, uvolnění pramenů apod. Zjistilo se, že za

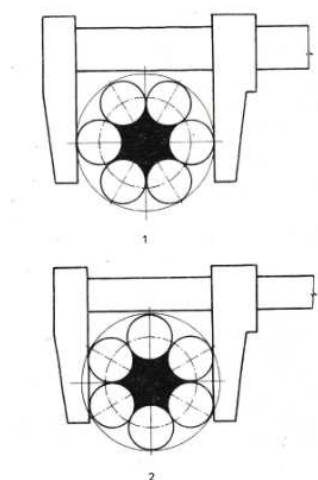
pomocí vizuální kontroly nejsou výsledky objektivní, a proto se vyvinuly nové metody - ultrazvuk, rentgen, elektromagnetická kontrola. Nejvhodnější se nakonec ukázala metoda kontroly založená na elektromagnetické indukci.

### 2.2.1 Vizuální kontrola lan

Vizuální kontrolu lan smí provádět pouze kvalifikovaní pracovníci, kteří mají absolvované školení o normách, kritéria na posuzování lan a ovládají znalost výroby. Vizuální kontrolu můžeme rozdělit na dva typy:

a) Každodenní kontrola lan spočívá v kontrole lan před započítáním samotné práce a dále v průběhu samostatného provozu. Při této prohlídce například pracovníci lanové dráhy sledují stav jednotlivých lan, zaměřují se především na viditelné chyby a to v místech, kde se ocelová lana nejvíce poškozují.

b) Měsíční kontrola a měření nosného lana se provádí při nízkém pohybu celého systému. Kontrola musí být prováděna velice pečlivě. Při této kontrole se zaznamenává viditelný počet zlomených nebo uvolněných drátů, opotřebení, deformace, koroze a hlavně stav namazání lana, které zásadně ovlivňuje jeho životnost. Průměr lana a výška vinutí drátů na povrchu se měří za pomoci posuvného měřidla a to ve stanovených mezích, například u lanovek minimálně každých 150 m. [2] V horní části obrázku 14 je zobrazeno správné měření lana a spodní část vyobrazuje častou chybu při měření průměru lana.

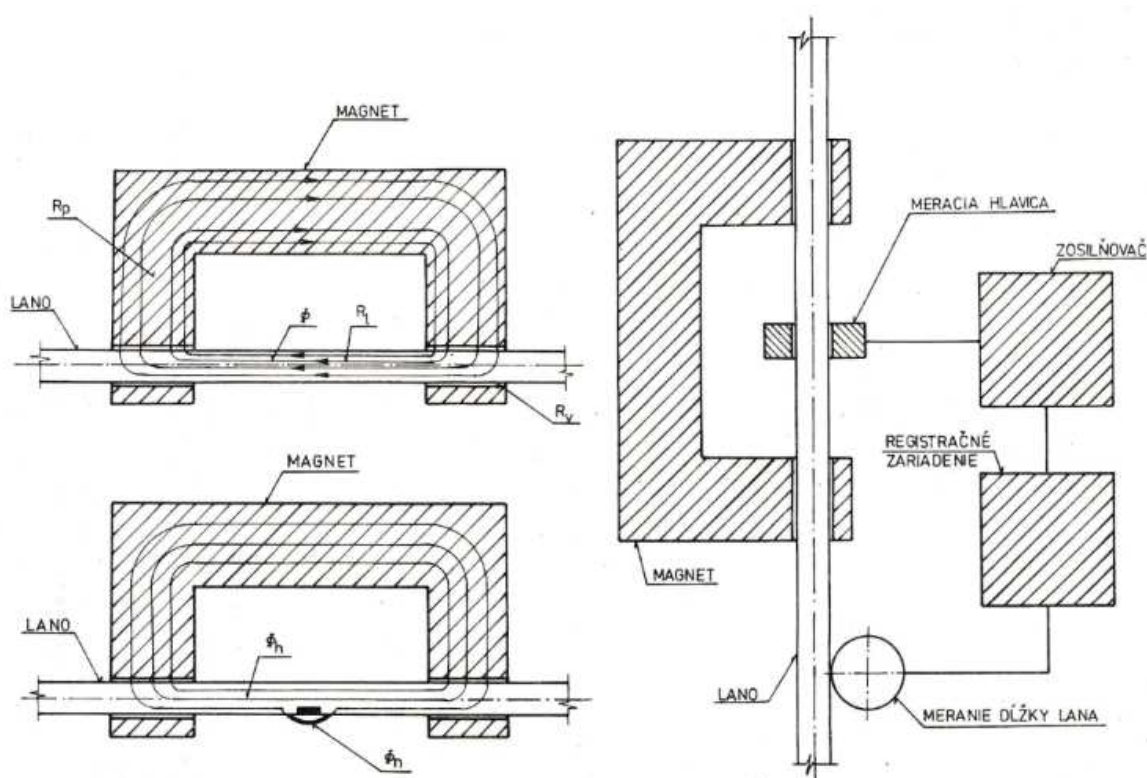


Obrázek 14. Měření lana [2]

Po každé vizuální kontrole musí být vytvořen záznam o kontrole a musí být stanoveno, zda je lano způsobilé pro další provoz. V protokolu jsou zaznamenány všechny naměřené hodnoty a místa s poškozením lana.

### 2.2.2 Kontrola založená na elektromagnetické defektoskopické zkoušce

Magnetická defektoskopie je v tuto chvíli nejvíce používaná zkouška pro ocelová lana. Využívá se magnetického pole, které se vytváří kolem pólu magnetu a siločáry se uzavírají v přístroji od jednoho pólu k druhému. Magneticky vodivý předmět, který se vloží do takového pole, okamžitě zmagnetizuje. Po vložení lana vzniká nejkratší spojnice pólu magnetů a tímto úsekem prochází magnetický tok. Pokud se změní průřez lana vlivem přetržení drátku, změní se v tomto místě velikost magnetického toku. V tomto případě se od sebe oddálí a okolo nich vzniká rozptylové magnetické pole.



Obrázek 15. Schéma defektoskopického přístroje



První defektoskopická zkouška lan se musí provést nejdříve jeden měsíc a nejdéle šest měsíců ode dne, kdy bylo lano zatíženo na tah. Další interval pro defektoskopické zkoušky se musí vykonat na nosných lanech po třech letech od předcházející zkoušky a na tažných lanech po dvou letech od předešlé zkoušky. Defektoskopickou metodu může lano zkoušet pouze pracovník, který splňuje kvalifikační předpoklady a má na to osvědčení. [2]

### **3 Popis/návrh testovacího (experimentálního)zařízení, popis způsobu testování a kontroly.**

Celé testovací zařízení je navrženo dánskými konstruktéry a je téměř identické se skutečným produktem. Tímto je docíleno co nejpřesnějších výsledků celého testu. Nedílnou součástí při prodeji nových strojů jsou informace o životnosti důležitých komponentů, u kterých se předpokládá rychlejší opotřebení. Mezi tyto komponenty můžeme zařadit navíjecí lana. Pro zjištění životnosti se lana testují v několika cyklech, které jsou pro všechny typy testovaných lan stejné. Při pravidelných kontrolách se zapisuje poškození lana a vyhodnocuje se jeho další použití. Po skončení testování vzorku se výsledky navzájem porovnávají.

#### **3.1 Popis testovacího zařízení**

Nový vývoj produktu naší firmy vyžadoval inovaci původního zařízení, protože jsme byli limitováni navíjecí délkou 30m. Dosavadní zařízení bylo konstruováno pro navíjení lana v jedné řadě se vzrůstajícím počtem návinů oproti nově testované verzi, která je konstruována pro návin lana vedle sebe za pomoci automatického řadiče lana. Nové zařízení bylo navrženo firmou Hvide Sande Skibssmedie A/S, která se zabývá zakázkovou výrobou navíjecích zařízení. Podobné typy navíjecího zařízení se používají u rybářských lodí. Pro dosažení bezpečnosti je zařízení vybaveno prvky, které hlídají bezpečný chod v průběhu automatického testování.

##### **3.1.1 Konstrukce testovacího zařízení**

Celé testovací zařízení je upevněno k masivnímu rámu, kde na dvou stranách rámu jsou montážní plošiny, ze kterých je prováděna montáž a servis celého zařízení. Testovací zařízení je jednoduché a skládá se z několika součástí. Celé zařízení je popisováno vzestupně, tedy od spodního dílce až po navíjecí zřízení.

- Spodní dílec slouží k připevnění závaží a k upevnění pěti ocelových lan, a to dvě lana pomocná, neboli odlehčovací, a tři lana navíjecí.
- Pohyblivá část se skládá z pružných modulů, vnitřních kuželů a spojovacích kruhů. Délka pružného modulu je 600mm a jejich počet nám určuje celkovou délku zařízení. Mezi pružnými moduly je umístěn ocelový kužel, který je uchycen na dvou stranách k pomocným lanům. Rozteč mezi kužely, které jsou pevně

uchyceny k pomocným lanům, je 580mm, jelikož moduly nemohou nést hmotnost celé pohyblivé části. Kužel je spojen s moduly speciální kruhovou sponou. Na obou polovinách spony se dohromady nachází tři vodící plasty pro navíjecí lana. Obrázek 16 vyobrazuje maximální roztažení celého zařízení, kde je veškerá hmotnost kuželů a spodního dílce se závažím rozložena na obou pomocných lanech. Na obrázku 17 je maximální stažení celého zařízení.



Obrázek 16. Maximální roztažení



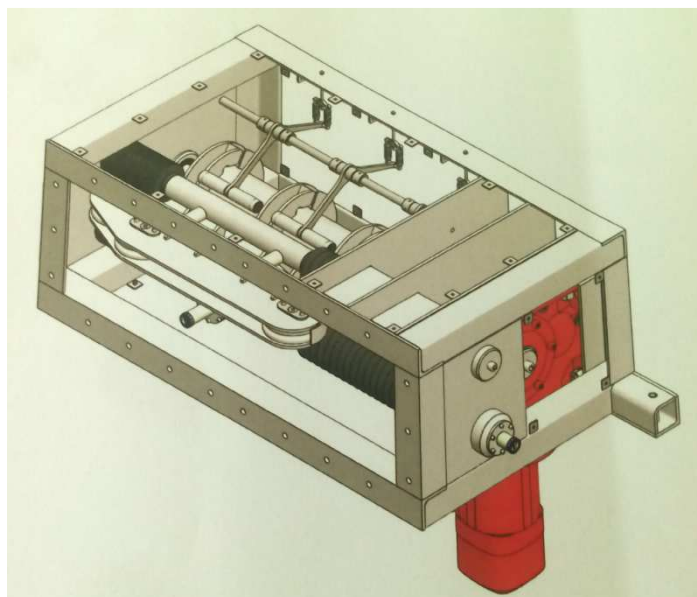
Obrázek 17. Maximální stažení

- Horní dílec s upevňovacím rámem pro navíjecí zařízení slouží jako nosný prvek jak pro spodní a pohyblivou část, tak i pro naviják. Z rámu vystupuje celkově šest úchytů, které jsou použity pro uchycení k masivnímu testovacímu rámu. Na obrázku 18 můžeme vidět, že součástí horního dílce je soustava kladek, která slouží k dovedení navíjecích lan k navijáku.



Obrázek 18. Vrchní dílec

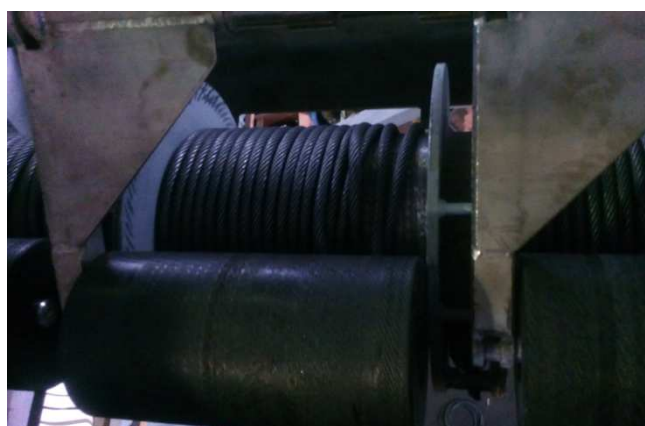
- Poslední součást je samotné navíjecí zařízení, které je složeno z motoru, řadiče lana, převodové skříně a tříkomorového navíjecího bubnu. Výrobce musel splnit speciální požadavky jako například stejnoměrné navíjení lana. Na obrázku 19 je zobrazen navíjecí systém s veškerými komponenty. Jedná se o prototyp navíjecího zařízení, u kterého dříve docházelo k drobným nedostatkům, mezi které patřil špatně spočítaný převodový poměr, kdy se navíjecí buben otáčel rychleji, než se pohybuje řadič lana. Tak docházelo k nerovnoměrnému navíjení. Správná a nesprávná funkce řazení lana na buben je vyobrazena na obrázku 20 a 21.



Obrázek 19. Navíjecí zařízení



Obrázek 20. Správné navinutí



Obrázek 21. Špatné navinutí

### 3.1.2 Popis montáže a demontáže testovacích lan

Zařízení je osazeno třemi kusy navíjecích lan, u kterých je velmi důležité docílit přesného postupu montáže. Při nedodržení postupu a volby špatné montáže dochází k ovlivnění životnosti lana a to až o 1/3 původní životnosti. Existuje mnoho faktorů, které ovlivňují výsledky testovacích vzorků. Pro docílení co největší přesnosti provádí montáž vždy stejný tým osob, čímž se eliminuje možnost špatného nastavení. Tým je složen ze čtyř osob, kdy jedna je vedoucí, a zbylé tři se starají každý o jedno navíjecí lano. Po vyhodnocení testovacího cyklu musí dojít k demontáži opotřebovaného lana a montáži nového.

#### Demontáž:

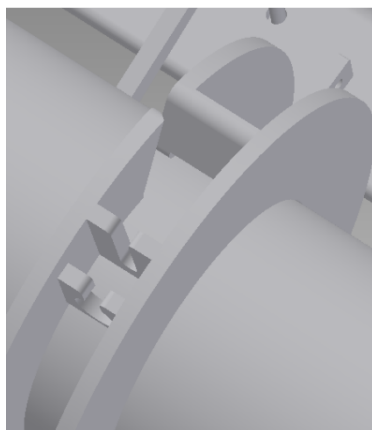
- Spodní díl se závažím svěsíme do maximální roztažené délky a tím dosáhneme, že veškerá hmotnost zatížení přechází na pomocná lana a navíjecí lana se uvolní.
- V rozvaděči se vyřadí funkce hlídání povolených lan, která by nás omezovala v demontáži.
- Navíjecí lana jsou spojena se spodním dílem ve třech okách, přičemž je v každém oku lano obtočené kolem jednoho šroubu M30. Po odšroubování šroubu M30 můžeme lano oddělit od spodního dílce.
- Pověřené osoby uchopí lana a tahají směrem dolů, aby nedošlo k zamotání nebo poškození navíjecího dílce. Osoba, která ovládá navíjecí zařízení pomocí manuálního ovladače, zastavuje odmotávání v bodě, když na bubnu není žádná otáčka s lanem a komora pro chycení lana se nachází v horní poloze.
- Lano se vyndá z fixační komory a na jeho konci se odmontují dva kusy lanových svorek.
- Lano je protaženo směrem dolu přes vodící kladky a plastové vodiče. Následně se lano posílá na ekologickou likvidaci.

#### Montáž:

- Příprava vzorku spočívá ve zkrácení ocelového lana, které je dodáváno v metráži. Lana se krátí za pomoci úhlové brusky v délce 28 m a jejich konce musí být ošetřeny, aby se zamezilo rozšíření roztřepených konců. K tomuto účelu

používáme černou stahovací bužírku, kterou nasuneme na konec lana a zatavíme pomocí horkovzdušné pistole.

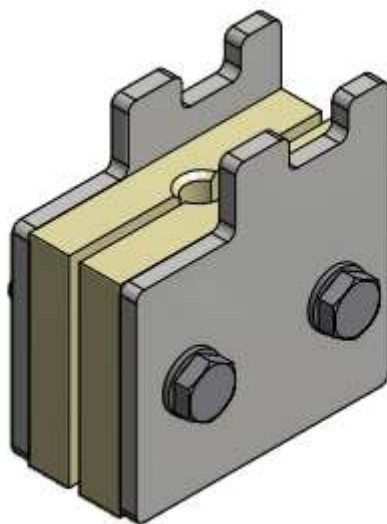
- Nejdůležitějším bodem montáže je nalezení krajní polohy řadiče lana. Pokud nenalezneme správnou pozici a zahájíme test, nelze tyto výsledky započítat, jelikož dochází k zrychlenému poškození lana. Krajní polohu lze zjistit pomocí otáčení navíjecího bubnu směrem nahoru, dokud se řadič lana nezastaví v levé nejkrajnější poloze. Následně zastavíme navíjení a zjistíme polohu zámku pro lana, která se nachází na kraji samotného bubnu. Buben pootočíme ve stejném směru, jako při hledání krajní pozice řadiče lana tak, aby se zámek nacházel v horní pozici.
- Připravené lano provlékáme od spodního dílce směrem nahoru a to plastovými vodiči, které se nachází na každém spojovacím kruhu pohyblivé části. V horní části se nachází vodící kladky, přes které je nutné provléknout navíjecí lana až k samotnému řadiči lana.
- Protáhneme lana skrz řadič a podvlékáme lana pod napínací válce.
- Konec lan se zabezpečí za pomoci dvou lanových svorek a vloží do zámku lana na kraji každé sekce bubnu. Zámek pro lano je zobrazen na obrázku 22.



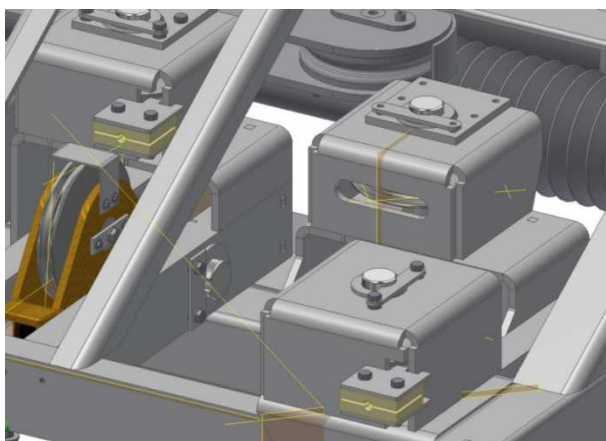
Obrázek 22. Zámek pro lano

- Následuje montáž speciálních napínacích bloků, které slouží k napnutí lana při navíjení bez zátěže. Lano se vloží mezi dvě plastové desky s výřezem a desky se k sobě přitahují přes pružinu tak, aby nedošlo k deformaci lana. Čím více jsou pružiny dotaženy, tím více narůstá tření a odpor mezi lanem a plastovou deskou. Na obrázku 23 je vykreslen model napínáku lana, kde jsou ještě znázorněny

šrouby a pojistné matice. Během prvního navíjení došlo k poškození lana, protože plastové desky byly k sobě příliš staženy. Vzhledem k malému průměru otvoru došlo k deformaci lana. Řešením tohoto problému byla výměna šroubů za delší a vložení pružin, kterými se seřizuje dotažení desek a napnutí lana. Umístění samotného držáku je znázorněno na obrázku 24.



Obrázek 23. Napínací blok



Obrázek 24. Pozice pro napínací blok



- Pomocí dálkového ovladače se spustí navíjení lana a na buben se navine délka potřebná k testování daného úseku. Například pro testování přechodu lana z první vrstvy na druhou navineme 20 otáček. Pro doplnění první vrstvy stačí už pouze 2 otáčky, které jsou součástí úseku přechodu z první vrstvy na druhou. Více informací k cyklům testování naleznete v kapitole 4.2.
- Přichycení navíjecích lan ke spodnímu dílci a k závaží je prováděno pomocí tří úchytů, které jsou rozmístěny na spodním dílci po 120°. Uchycení lan je zobrazeno na obrázku 25, kde je vidět speciální lanové svorky, které jsou stejné jako pro fixaci horní části lana.



Obrázek 25. Sestava uchycení lana

- Zvedneme-li pomocí navijáku závaží o 200 mm nahoru, dojde tím k trvalému napnutí lana. Nyní je nutné sundat speciální napínací bloky, které již nejsou zapotřebí.
- Na rozvaděči přepneme manuální ovládání na automatické a za 20s po přepnutí se startuje automatické cyklování.

### 3.1.3 Bezpečnostní prvky pro testování

Pro zabezpečení automatického chodu celého testovacího zařízení je zapotřebí splnit bezpečnostní požadavky, aby nedošlo k úrazu nebo k poškození části zařízení. Při testování není přítomna žádná osoba, která by mohla zasáhnout v případě poruchy. Testování lze sledovat na dálku přes kamery, přičemž jedna je umístěna v horní části zařízení a sleduje

navíjení na buben navijáku, zatímco druhá je namířena směrem na kontrolní panel, kde sleduje funkčnost bezpečnostních prvků. Pro zabezpečení vstupu osob je testovací prostor ohrazen plotem a vstupní dveře jsou uzamčeny. Jako závaží jsou použity dvě palety s plechem o celkové hmotnosti 6000 kg. Tato volba závaží je velmi nebezpečná vzhledem k tomu, že kdyby se přetrhlo lano, závaží by se naklonilo a plechy by se mohly vysunout z palety ven, což by mohlo ohrozit zaměstnance na okolních pracovištích. Bezpečnostní problém byl vyřešen zkonstruováním kovového rámu, který pevně fixuje závaží ke spodnímu dílu testovacího zařízení. Vše je pojištěno dvěma popruhy, každý o nosnosti 20t.

Topstop je indukční snímač, který je umístěn na horním dílci navíjecího zařízení a dává pokyn do rozvaděče, aby zastavil navíjení, když spodní dílec docílí horní polohy. Topstop je nastaven na vzdálenost 100-200mm před dovršením maximálního stažení.

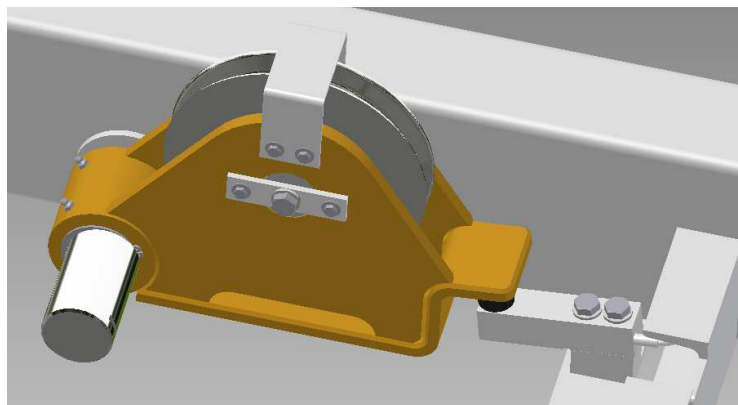
Kontrolu povoleného lana signalizují mechanické spínače Pizzato FR5A2. Každý spínač hlídá jednotlivé navíjecí lano a je umístěn přímo nad danou sekci bubnu. Spínač je ovládán ramenem od napínáku lana v případě, když se navíjecí lano přetrhne nebo povolí po dosažení maximálního roztažení pohyblivé části testovacího zařízení. Při povolení lana se napínák pootočí a sepne spínač, který vydá pokyn pro zastavení odvíjení.



Obrázek 26. Koncový spínač

Tenzometr je nejdůležitější kontrolní prvek, který na rozdíl od ostatních snímačů hlídá povolené i napnuté lano. Je umístěn u každého navíjecího lana a slouží jako záložní snímač při poruše topstop nebo snímače pro povolené lano. Na obrázku 27 můžete vidět rameno, které je položeno na jedné straně na tensometru. Nastavení tensometru není jednoduché a musí se postupovat přesně dle příručky. Maximální zatížení se nastavuje tak, aby nedošlo

k předčasnému vypnutí, než dorazí navíjení do polohy maximálního stažení. Minimální zatížení pro vypnutí odvíjení se nesmí nastavit nula, protože musí být připočtena hmotnost ramene a lana. Pokud lano praskne a nastavení tensometru bude nula, odvíjení se nevypne.



Obrázek 27. Uložení tensometru

## 3.2 Způsob testování

Testování probíhá na speciální testovací stoličce, která simuluje stejné navíjení, které bude použito u nového produktu. Každý typ lana bude testován ve dvou fázích až do poškození, které je zmíněno v kapitole 3.3.1 a 3.3.2. Všechny testy probíhají za stejných podmínek a to při zatížení spodního navíjecího dílce hmotností 6000 kg. U všech vzorků lan byla okolní teplota při testování stejná a to 18°C.

### 3.2.1 Režim testování

Závažný režim pro testování nebyl stanoven. Před začátkem testovacího dne probíhala kontrola lana (viz kapitola 3.3), kontrola bezpečnostních prvků a celková kontrola konstrukce. Po kontrole lana a zapsání hodnot se spouští testování a to přepnutím přepínače z manuálu na automat. První cyklus se po přepnutí spustí za 20s. Jeden cyklus trvá 25s a stále se opakuje po celý den, dokud zařízení obsluha nevypne. Kontrola lana probíhá pouze ráno, takže pokud se lano poškodí během dne, stále se testuje do následující kontroly. Vypnutí testovacího stroje musí proběhnout při maximálním roztažením a to přepnutím na manuál a vypnutím hlavního vypínače.

### 3.3 Kontrola lana

Vyhodnocení stavu lan probíhá nejjednodušším způsobem, a to měřením průměru lana v několika bodech společně s vizuální kontrolou. Kontrola lana probíhá vždy před začátkem dalšího testovacího dne. Přesný postup testování a kontroly lan jsem získal od dánského konstruktéra, který je za tento projekt zodpovědný. Kontrola lan probíhá v pravidelných intervalech a vždy stejným způsobem, aby bylo dosaženo co nejpřesnějšího výsledku. Pro zastavení testování a vyřazení lana z provozu musí dojít k trvalému poškození nebo deformaci, která nesplňuje požadavky pro další testování.

#### 3.3.1 Kontrola průměru lana

Během prvních hodin testování dochází k prodloužení a úbytku na průměru lana, přičemž testovací lana mají průměr 12 mm a nesmí dojít k poklesu průměru pod 11 mm. Pokud dojde v jakémkoli bodě k poklesu pod minimální průměr, musí dojít k okamžitému vyřazení lana z provozu. Kontrola lana probíhá v bodech, které jsou od sebe vzdáleny 500 mm, a u každého lana se nejmenší průměr zapisuje do protokolu o měření.



Obrázek 28. Ukázka měření průměru lana.

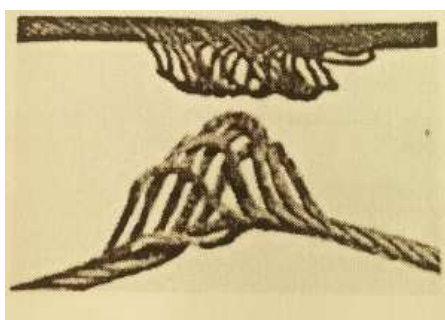
#### 3.3.2 Vizuální kontrola

Vizuální kontrola provádí se v celé kontrolované délce. Existuje mnoho typů poškození, kdy po jejich vzniku není doporučeno další použití. Jako nejčastější poškození se objevuje popraskání jednotlivých drátků lana. Pravidlo pro vyřazení takto poškozeného lana je maximálně 9 prasklin na délce 72 mm nebo 18 prasklin na délce 360 mm. Jako příklad je uveden obrázek s lanem, které již nesmí být nadále používáno, protože při jeho kontrole bylo objeveno 13 prasklin na délce 72 mm. (viz obr. 29)

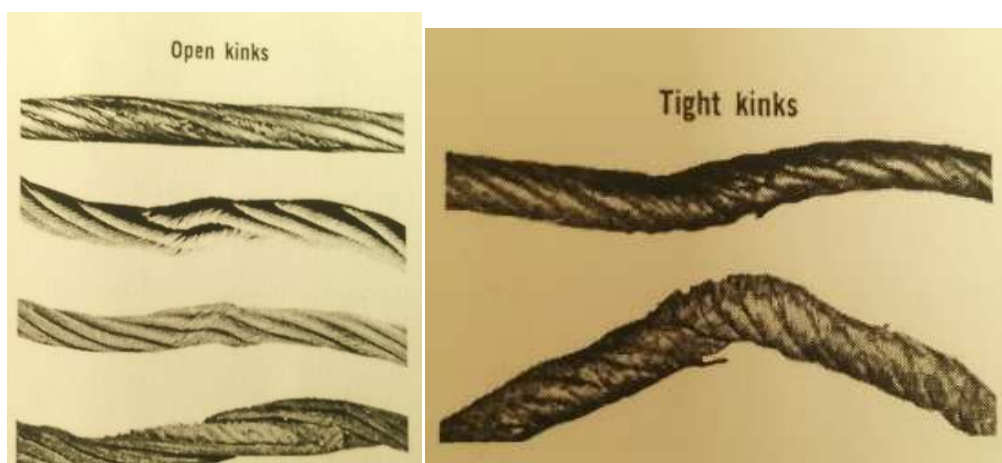


Obrázek 29. Poškozené lano vlivem opotřebení

Mezi další závažná poškození patří takzvané „hnízdo“ a příliš napnuté nebo povolené vinutí lana.



Obrázek 30. Na laně se vytvořilo „hnízdo“



Obrázek 31. Povolené a napnuté vinutí lana

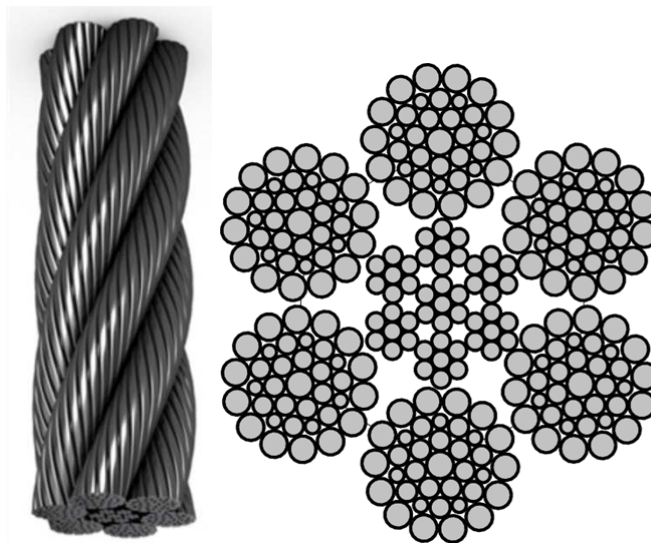
## 4 Testování vzorků lan a vyhodnocení získaných dat

Pro testování byly vybrány dva druhy vzorků s odlišnou konstrukcí, vlastnostmi a rozdílnou cenou. Veškeré testovací vzorky lan mají průměr 12mm, pro které je přizpůsobeno testovací zařízení. Každý vzorek bude otestován ve dvou fázích a naměřené hodnoty se zapisují do tabulky, kdy se na konci testování vyhodnotí.

### 4.1 Vzorky pro testování

- Testovací vzorek A

První testovací vzorek je lano o průměru 12mm s obchodním označením 6x36 IWRC Warrington Seale. Využívá se například pro navijáky, jeřáby, zvedací mechanismy a kotevní lana. Mezi výhody patří všestranné použití a poměrně vysoká nosnost vzhledem k dobré nákupní ceně. Směr vinutí pramenů v laně je sZ (pravé protisměrně vinuté lano). Na obrázku 32 můžete vidět lano 6x36 Warrington Seale.



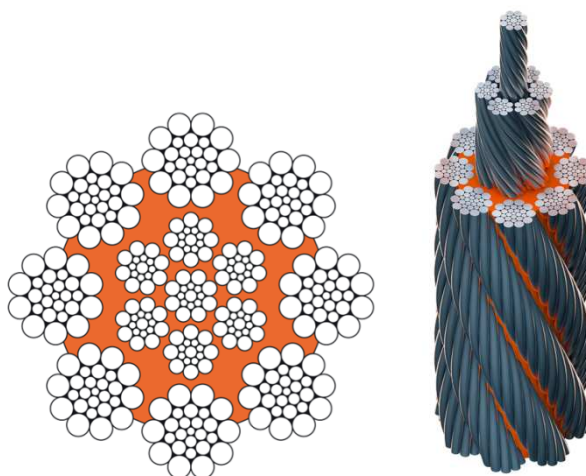
Obrázek 32. Warrington Seale

- Testovací vzorek B

Jako druhý vzorek je lano s obchodním označením Verostar 8, které má plastovou vložkou mezi vnějším vinutím a duší lana IWRC. Je intenzivně mazané a pozinkované. Speciální zdvihací lano Verostar 8 se využívá pro námořní palubní



jeřáby, kontejnerové jeřáby, mostové jeřáby, vrtací linky pro vrtné soupravy a v těžebním průmyslu. Mezi výhody patří flexibilita, velmi dobrá odolnost proti oděru a pevnost v ohybu. Dosahuje nejvyšší životnosti v systémech s vícevrstvým a jednovrstvým navíjením. Mezi velké nevýhody patří, že nesmí být použito pro otáčivé předměty. Směr vinutí pramenů v laně je sZ (pravé protisměrně vinuté lano). Na obrázku 33 můžete vidět lano Verostar 8, kde oranžová barva znázorňuje plastovou vrstvu mezi prameny lana.



Obrázek 33. Verostar 8

## 4.2 Testovací fáze

Podle pokynů k testování, které jsem získal od dánských kolegů, se lana testují ve dvou fázích. Získaná data budou sloužit jako informace pro obchodníky při prodeji nového produktu. Délka každého testovacího lana při první montáži je 28m a pokryje obě testovací fáze.

- První fáze je testování lana v přechodu z první vrstvy do druhé. Příprava ocelových lan pro testovací fázi probíhá dle kapitoly 3.1.2 – montáž.
- Druhá fáze je část testování, kdy se navíjecí lano testuje v jedné navíjecí vrstvě. Po dokončení testování první fáze se lano odvine, dokud poslední poškozené místo není mimo testovanou část, aby neovlivnilo výsledky testování. U demontáže a montáže je nutné se řídit kapitolou 3.1.2 (jediný rozdíl u montáže je v bodě 7, pro druhou fázi se v bodě 7 nenamotává 20 ale pouze 9 otáček).



### 4.3 Vyhodnocení získaných dat

Hodnoty se získávají nejen při vizuální kontrole, ale také je zaznamenává PLC (například počet cyklů, maximální proud při navíjení a odvíjení a další). Veškeré získané údaje se zaznamenávají do tabulky. Žlutá pole v tabulce vyznačují hodnoty, které přesáhly povolenou hodnotu poškození pro testování. Podmínky pro vyřazení lana jsou sepsány v kapitole 3.3.

#### 4.3.1 První fáze – testovací vzorek A

řádek	datum	pozice lana	Ø	úsek 72mm	úsek 360mm	rozvinuté	zlomené	„hnízdo“	přetočené
1	12.10. 2016	WNG	12	0	0	ne	ne	ne	ne
		CW	12	0	0	ne	ne	ne	ne
		WG	12	0	0	ne	ne	ne	ne
2	13.10. 2016	WNG	11,5	0	0	ne	ne	ne	ne
		CW	11,5	0	0	ne	ne	ne	ne
		WG	11,5	0	0	ne	ne	ne	ne
3	14.10. 2016	WNG	11,3	1	3	ne	ne	ne	ne
		CW	11,4	0	0	ne	ne	ne	ne
		WG	11,3	1	2	ne	ne	ne	ne
4	17.10. 2016	WNG	11,2	15	50	ne	ne	ne	ne
		CW	11,4	0	0	ne	ne	ne	ne
		WG	11,3	6	14	ne	ne	ne	ne

Tabulka 1. – (Fáze I, vzorek A) – Tabulka poškození lana

	Topstop	tenzometry	Splněné podmínky při kontrole lan		
řádek	aktivní	aktivní	WNG	CW	WG
Č:	Ano / Ne	Ano / Ne	Ano / Ne	Ano / Ne	Ano / Ne
1	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano
2	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano
3	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano
4	Ano	Ano	Ne	Ano	Ano

Tabulka 2. – (Fáze I, vzorek A) – Tabulka funkčnosti dílů

	Data z kontrolního panelu						
řádek	odvíjení	navíjení	Dolní poloha	Horní poloha	Topstop	Bezpečnostní vypnutí	El. přetížení
č:	[A]	[A]	počet	počet	počet	počet	počet
1	13,6	20,5	16	16	19	0	0
2	12,4	20,2	436	436	440	0	0
3	13	20,2	787	787	792	0	0
4	13,3	20,1	1300	1300	1306	0	0

Tabulka 3. – (Fáze I, vzorek A) – Tabulka hodnot z PLC

#### 4.3.2 Druhá fáze – testovací vzorek A

řádek	datum	pozice lana	Ø	úsek 72mm	úsek 360mm	rozvinuté	zlomené	„hnízdo“	přetočené
1	21.10. 2016	WNG	12	0	0	ne	ne	ne	ne
		CW	12	0	0	ne	ne	ne	ne
		WG	12	0	0	ne	ne	ne	ne
2	24.10. 2016	WNG	11,9	0	0	ne	ne	ne	ne
		CW	12	0	0	ne	ne	ne	ne
		WG	11,9	0	0	ne	ne	ne	ne
3	25.10. 2016	WNG	11,3	3	10	ne	ne	ne	ne
		CW	11,5	0	0	ne	ne	ne	ne
		WG	11,4	1	1	ne	ne	ne	ne
4	26.10. 2016	WNG	11,2	16	70	ne	ne	ne	ne
		CW	11,4	0	0	ne	ne	ne	ne
		WG	11,4	4	13	ne	ne	ne	ne

Tabulka 4. – (Fáze II, vzorek A) – Tabulka poškození lana

	Topstop	tenzometry	Splněné podmínky při kontrole lan		
řádek	aktivní	aktivní	WNG	CW	WG
č:	Ano / Ne	Ano / Ne	Ano / Ne	Ano / Ne	Ano / Ne
1	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano
2	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano
3	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano
4	Ano	Ano	Ne	Ano	Ano

Tabulka 5. – (Fáze II, vzorek A) – Tabulka funkčnosti dílů

	Data z kontrolního panelu						
řádek	odvíjení	navíjení	Dolní poloha	Horní poloha	Topstop	Bezpečnostní vypnutí	El. přetížení
č:	[A]	[A]	počet	počet	počet	počet	počet
1	13,3	20,1	1300	1300	1306	0	0
2	11,6	21,1	1320	1322	1322	3	2
3	13,2	20,5	2005	2007	2007	3	2
4	12,3	21,5	2634	2636	2634	5	2

Tabulka 6. – (Fáze II, vzorek A) – Tabulka hodnot z PLC

#### 4.3.3 První fáze – testovací vzorek B

řádek	datum	pozice lana	Ø	úsek 72mm	úsek 360mm	rozvinuté	zlomené	„hnízdo“	přetočené
1	3.1. 2017	WNG	12	0	0	ne	ne	ne	ne
		CW	12	0	0	ne	ne	ne	ne
		WG	12	0	0	ne	ne	ne	ne
2	4.1. 2017	WNG	12	0	0	ne	ne	ne	ne
		CW	12	0	0	ne	ne	ne	ne
		WG	12	0	0	ne	ne	ne	ne
3	5.1. 2017	WNG	11,9	0	0	ne	ne	ne	ne
		CW	12	0	0	ne	ne	ne	ne
		WG	12	0	0	ne	ne	ne	ne
4	6.1. 2017	WNG	11,8	1	2	ne	ne	ne	ne
		CW	12	0	0	ne	ne	ne	ne
		WG	11,9	1	1	ne	ne	ne	ne
5	9.1. 2017	WNG	11,6	3	5	ne	ne	ne	ne
		CW	11,8	0	0	ne	ne	ne	ne
		WG	11,7	1	2	ne	ne	ne	ne
6	10.1. 2017	WNG	11,5	5	9	ne	ne	ne	ne
		CW	11,8	0	0	ne	ne	ne	ne
		WG	11,7	2	5	ne	ne	ne	ne
7	11.1. 2017	WNG	11,3	7	15	ne	ne	ne	ne
		CW	11,7	1	1	ne	ne	ne	ne
		WG	11,5	4	9	ne	ne	ne	ne
8	12.1. 2017	WNG	11,2	12	27	ne	ne	ne	ne
		CW	11,5	2	3	ne	ne	ne	ne
		WG	11,4	5	17	ne	ne	ne	ne

Tabulka 7. – (Fáze I, vzorek B) – Tabulka poškození lana

	Topstop	tenzometry	Splněné podmínky při kontrole lan		
řádek	aktivní	aktivní	WNG	CW	WG
č:	Ano / Ne	Ano / Ne	Ano / Ne	Ano / Ne	Ano / Ne
1	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano
2	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano
3	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano
4	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano
5	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano
6	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano
7	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano
8	Ano	Ano	Ne	Ano	Ano

Tabulka 8. – (Fáze I, vzorek B) – Tabulka funkčnosti dílů

	Data z kontrolního panelu						
řádek	odvíjení	navíjení	Dolní poloha	Horní poloha	Topstop	Bezpečnostní vypnutí	El. přetížení
č:	[A]	[A]	počet	počet	počet	počet	počet
1	0	0	0	0	0	0	0
2	12,3	20,2	467	467	472	0	0
3	13,4	20,3	876	876	882	0	0
4	13	20	1387	1387	1393	0	0
5	13,2	20,2	1819	1819	1826	0	0
6	12,8	20,1	2358	2358	2365	0	0
7	12,5	19,9	2751	2751	2760	0	0
8	13,1	20,5	3204	3204	3214	1	2

Tabulka 9. – (Fáze I, vzorek B) – Tabulka hodnot z PLC

#### 4.3.4 Druhá fáze – testovací vzorek B

řádek	datum	pozice lana	Ø	úsek 72mm	úsek 360mm	rozvinuté	zlomené	„hnízdo“	přetočené
1	3.1. 2017	WNG	12	0	0	ne	ne	ne	ne
		CW	12	0	0	ne	ne	ne	ne
		WG	12	0	0	ne	ne	ne	ne
2	4.1. 2017	WNG	12	0	0	ne	ne	ne	ne
		CW	12	0	0	ne	ne	ne	ne
		WG	12	0	0	ne	ne	ne	ne
3	5.1. 2017	WNG	11,9	1	1	ne	ne	ne	ne
		CW	12	0	0	ne	ne	ne	ne
		WG	12	0	0	ne	ne	ne	ne
4	6.1. 2017	WNG	11,6	2	3	ne	ne	ne	ne
		CW	12	0	0	ne	ne	ne	ne
		WG	11,9	1	2	ne	ne	ne	ne
5	9.1. 2017	WNG	11,5	2	5	ne	ne	ne	ne
		CW	11,9	0	0	ne	ne	ne	ne
		WG	11,8	2	4	ne	ne	ne	ne
6	10.1. 2017	WNG	11,5	4	8	ne	ne	ne	ne
		CW	11,9	0	0	ne	ne	ne	ne
		WG	11,8	3	7	ne	ne	ne	ne
7	11.1. 2017	WNG	11,4	7	14	ne	ne	ne	ne
		CW	11,8	1	1	ne	ne	ne	ne
		WG	11,7	5	12	ne	ne	ne	ne
8	12.1. 2017	WNG	11,3	13	35	ne	ne	ne	ne
		CW	11,7	2	3	ne	ne	ne	ne
		WG	11,5	8	21	ne	ne	ne	ne

Tabulka 10. – (Fáze II, vzorek B) – Tabulka poškození lana

	Topstop	tenzometry	Splněné podmínky při kontrole lan		
řádek	aktivní	aktivní	WNG	CW	WG
č:	Ano / Ne	Ano / Ne	Ano / Ne	Ano / Ne	Ano / Ne
1	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano
2	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano
3	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano
4	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano
5	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano
6	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano
7	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano
8	Ano	Ano	Ne	Ano	Ne

Tabulka 11. – (Fáze II, vzorek B) – Tabulka funkčnosti dílů

	Data z kontrolního panelu						
řádek	odvíjení	navíjení	Dolní poloha	Horní poloha	Topstop	Bezpečnostní vypnutí	El. přetížení
č:	[A]	[A]	počet	počet	počet	počet	počet
1	13,4	20,4	3230	3235	3241	1	2
2	12,1	19,9	3758	3763	3770	1	2
3	13,2	20,3	4329	4334	4341	1	2
4	12,8	20	4876	4881	4889	1	2
5	13	20,5	5429	5434	5443	1	2
6	12,5	20,2	5807	5812	5821	2	3
7	13,3	20,6	6286	6291	6301	3	4
8	12,7	20,1	6656	6656	6667	3	4

Tabulka 12. – (Fáze II, vzorek B) – Tabulka hodnot z PLC

## 5 Ekonomické srovnání vzorků s ohledem na odhadovanou použitelnost

Životnost testovaných vzorků je velmi rozdílná vzhledem k jejich vlastnostem a konstrukci. Testované lano s označením B má téměř trojnásobnou životnost oproti lanu A. V závěru ekonomického srovnání se musí vzít v potaz veškeré aspekty jako náklady na výměnu lana a ztrátu firmy, která vznikne odstávkou produktu.

### 5.1 Testovací vzorky

Testovací vzorek A					
fáze testování	délka lana	cena / m	cena	počet cyklů	cena / cyklus
Fáze I	45 m	68 Kč	3 060 Kč	1300	2,40 Kč
Fáze II	84 m	68 Kč	5 712 Kč	1334	4,30 Kč

Tabulka 13. – Cenový přehled vzorek A

Testovací vzorek B					
fáze testování	délka lana	cena / m	cena	počet cyklů	cena / cyklus
Fáze I	45 m	275 Kč	12 375 Kč	3204	3,90 Kč
Fáze II	84 m	275 Kč	23 100 Kč	3426	6,80 Kč

Tabulka 14. - Cenový přehled vzorek B

### 5.2 Vyhodnocení testování

Náklady na výměnu lana			
počet osob	celkový počet hodin	hodinová sazba	cena výměny lana
3	30	450 Kč	13 500 Kč

Tabulka 15. – Náklady na výměnu lana

Při vyhodnocení jednotlivých testovacích vzorků se musí brát v potaz, že při zvolení typu lana A se musí připočítat cena výměny lana, jestliže se má celková životnost přiblížit lanu B. Pokud bude tedy zákazník vyžadovat celkovou životnost delší jak 1334 cyklu pro Fázi I nebo 2668 cyklů pro Fázi II, tak je výhodnější testované lano B. Testování lan proběhlo v uzavřené budově a v ideálních podmínkách a je velice pravděpodobné, že při použití produktů u moře se jejich celková životnost zkrátí vlivem klimatických podmínek.

## **Závěr**

Práce se zabývá výběrem vhodného navíjecího lana. V první části popisují typy konstrukcí lan a jejich použití, testovací metody a jejich využití v praxi. V druhé části popisují průběh testování a metody kontroly. Pro testování byla využita speciální zařízení, které v průběhu celého procesu provázely technické problémy. Lana se testovala destruktivní metodou ve dvou fázích a byly srovnávány dva rozdílné vzorky lan.

Výsledkem práce je ekonomické zhodnocení vzorků lan pro použití v novém firemním projektu. Dle předpokladu je vzorek B výhodnější investicí než vzorek A, který má třikrát menší životnost oproti vzorku B. Vzorek B je čtyřikrát dražší než vzorek A, ale má lepší vlastnosti pro zvedací zařízení a konstrukce lana je více přizpůsobena pro tento typ namáhání. Firma se rozhodla v budoucnu pro testování dalších typů lan, je tedy možné, že bude nalezen výhodnější typ, který bude mít stejné nebo lepší vlastnosti.

Tato bakalářská práce mi umožnila vyzkoušet si testování lan pomocí destruktivní metody. Udělal jsem si lepší přehled o nabídce ocelových lan a jejich konstrukce.



---

## Použitá literatura

- [1] SPAL, Luděk. Ocelová lana ve stavebních konstrukcích. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1971. Řada stavební literatury.
- [2] SZOJKA, Ladislav. Údržba ocelových lán. Bratislava: Alfa, 1982. Edícia strojárскеj literatúry (Alfa).
- [3] LESŇÁK, Oldřich, Zdeněk VESELÝ a Tomáš CVIK. Únavové zkoušky ocelových lan a velký únavový stroj VÚS-80. Ostrava-Radvanice: Vědeckovýzkumný uhelný ústav, 1988.
- [4] Ocelová lana - metráž. TEDOX [online]. 2010 [cit. 2017-01-22]. Dostupné z: <http://www.tedox.cz/ocelova-lana-metraz>
- [5] Ocelová lana [online]. 2011 [cit. 2017-01-22]. Dostupné z: [http://www.lana-pecko.cz/download/ocelova\\_lana\\_katalog\\_2011.pdf](http://www.lana-pecko.cz/download/ocelova_lana_katalog_2011.pdf)
- [6] Konstrukce a možnosti použití ocelových lan. Drumet [online]. [cit. 2017-01-22]. Dostupné z: <http://ocelova-lana.cz/pouzitie-oceloveho-lana-odvetvia-cz.html>
- [7] Ocelová lana. Lana Vamberk [online]. [cit. 2017-01-22]. Dostupné z: <http://www.lana-vamberk.cz/ocelova-lana.html>
- [8] Mazání lana Elascon 30 kanystr 1l. MONTECO [online]. [cit. 2017-01-22]. Dostupné z: <http://monteco.cz/shop/mazani-lana-elaskon-30-kanystr-1l/pro1969.html>

